

В.П. Маршуба, канд. техн. наук, Харьков, Украина

### **ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ПЕРЕДНЕГО И ЗАДНЕГО УГЛА СПИРАЛЬНОГО СВЕРЛА НА СИЛУ РЕЗАНИЯ ПРИ СВЕРЛЕНИИ ОТВЕРСТИЙ В ЛИТЕЙНЫХ АЛЮМИНИЯХ**

*In the article there give the results of investigations about the determining the effect of quantity of front and back angles standard spiral drill with elements of grinding cut on cutting force and friction force at drilling deep holes in casting aluminum alloys on modular machines. The conclusions about reduction of cutting force and friction force in dependence on quantity of angles and cutting mode are made.*

В конечном итоге причиной внезапного отказа (поломки) стандартных спиральных сверл при глубоком безвыводном сверлении является силовой фактор, а также, следствием выше сказанного брак обрабатываемых отверстий в корпусных деталях из литейных алюминиях, т.е. собственно сила резания и особенно сила трения стружки в стружечных канавках инструмента. Следовательно, необходимо установить закономерности изменения как силы резания при срезе.

Для решения поставленной задачи в этой статье рассматриваются два важных вопроса по влиянию величины переднего ( $\gamma$ ) и заднего угла ( $\alpha$ ):

- 1) установление силовых закономерностей изменения силы резания по передней поверхности ( $A_\gamma$ ) режущего инструмента (при срезе), без учета влияния на нее силы трения стружки;
- 2) установление силовых закономерностей изменения силы резания по задней поверхности ( $A_\alpha$ ) режущего инструмента (при срезе), без учета влияния на нее силы трения стружки.

Разделение на две части этой задачи связано с тем, что закономерности изменения силы резания в процессе обработки отверстий различны и связаны с изменением величины переднего ( $\gamma$ ) и заднего ( $\alpha$ ) угла по направлению от вершины сверла к перемычке.

При решении этой задачи определяли закономерности изменения собственно силы резания (далее по тексту ее осевой составляющей " $P_O$ " и крутящего момента " $M_{кр}$ "). Так, как необходимых сведений о силовых закономерностях изменения силы резания в зависимости от величины переднего ( $\gamma$ ) и заднего ( $\alpha$ ) угла при глубоком безвыводном сверлении отверстий в литейных алюминиевых сплавах, в отечественной и зарубежной литературе нет, кроме общих сведений приведенных в рекламно – проспектных изданиях. В этих изданиях имеются данные лишь о том, что процесс обработки глубоких отверстий стандартными спиральными сверлами до глубины 20 диаметров возможен и эффективен.

Основные силовые закономерности изменения силы резания зависят не только от величины переднего ( $\gamma$ ) и заднего ( $\alpha$ ) угла при глубоком безвыводном сверлении

отверстий в литейных алюминиевых сплавах не только от режима резания, но и от влияния друг на друга физических явлений, возникающих и протекающих в процессе резания. Следовательно, установление силовых закономерностей изменения силы резания от величины переднего ( $\gamma$ ) и заднего ( $\alpha$ ) угла при глубоком безвыводном сверлении отверстий в литейных алюминиевых сплавах является краеугольным камнем в повышении эффективности глубокого безвыводного сверления отверстий в литейных алюминиях, и возможно исследовать при неизменных параметрах сверления отверстий за исключением исследуемых.

Поэтому, повышение эффективности глубокого безвыводного сверления отверстий может достигаться путем снижения значений силы резания, за счет изменения геометрических параметров режущей части спирального сверла. Для чего необходимо установить закономерности изменения влияния величины переднего ( $\gamma$ ) и заднего ( $\alpha$ ) угла на силу резания.

Передний угол ( $\gamma$ ) и задний угол ( $\alpha$ ) у стандартных спиральных сверл с элементами дробления стружки для обработки глубоких отверстий в литейных алюминиевых сплавах при винтовой заточке по задней поверхности ( $A_\alpha$ ) являются переменными [1]. Так как величина переднего угла ( $\gamma$ ) вдоль главной режущей кромки изменяется в очень больших пределах от  $5^\circ$  возле перемычки и до  $45^\circ$  у вершины, связано это с большим углом наклона винтовой стружечной канавки и конструкцией инструмента. Тогда как величина заднего угла ( $\alpha$ ) вдоль главной режущей кромки изменяется в значительно меньших пределах от  $10^\circ$  возле перемычки и до  $25^\circ$  возле вершины инструмента, связано это с винтовой заточкой по задней поверхности режущего инструмента.

Опыты по определению влияния величины переднего ( $\gamma$ ) и заднего ( $\alpha$ ) углов на осевую составляющую силы резания ( $P_O$ ) и крутящий момент ( $M_{кр}$ ) производили при постоянном диаметре режущего инструмента ( $d=11,2$  мм), скорости резания ( $V=31,65$  м/мин) и подаче ( $S=0,28$  мм/об). Изменение влияния величины переднего ( $\gamma$ ) и заднего ( $\alpha$ ) углов на осевую составляющую силы резания ( $P_O$ ) и крутящий момент ( $M_{кр}$ ) осуществлялось при врезании режущего инструмента в специально изготовленный образец из литейных алюминиевых сплавов. Так для определения влияния величины переднего угла ( $\gamma$ ) использовались призматические бруски с размерами  $20 \times 40 \times 100$ , тогда как для определения влияния величины заднего угла ( $\alpha$ ) – цилиндрические трубки различного внутреннего и внешнего диаметра с призматическим основанием с размерами  $20 \times 40 \times 20$ .

Влияние величины переднего угла ( $\gamma$ ) на осевую составляющую силы резания ( $P_O$ ) и крутящий момент ( $M_{кр}$ ) определяли при врезании в образец из литейных алюминиевых сплавов режущего инструмента (см. рис. 1, б). Варьирование величины переднего угла ( $\gamma$ ) достигалось за счет изменения диаметра предварительно просверленного центровочного отверстия (минимальный диаметр которого был равен диаметру перемычки и увеличивался по мере необходимости) в образце при постоянных значениях заднего угла ( $\alpha$ ), т.е. ( $\alpha=\text{const}$ ). Так в начале

определялось влияние величины малых углов  $\gamma$ , затем по мере заглубления сверла в материал заготовки влияние величины угла определялось как разность в приросте значений силы резания и крутящего момента, при постоянном значении заднего угла ( $\alpha$ ), что достигалось специальной заточкой по задней поверхности ( $A\alpha$ ) режущего инструмента.

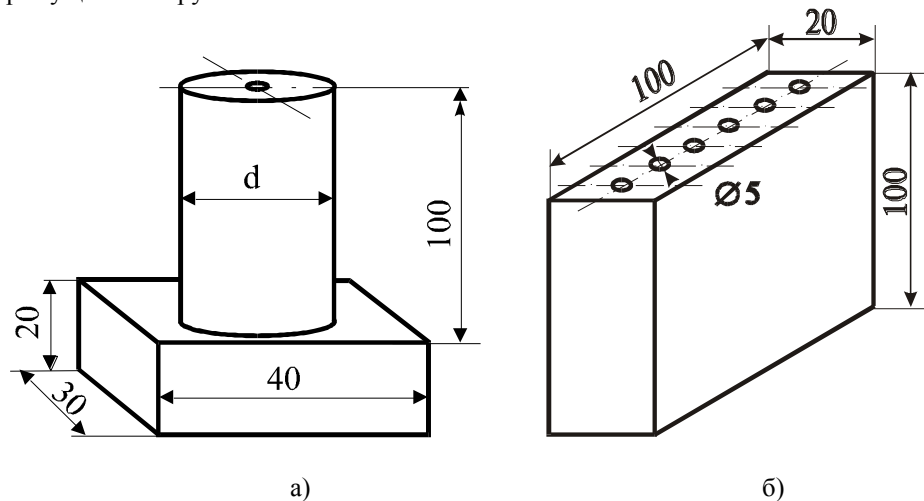


Рисунок 1 – Образцы для проведения опытов по определению силы резания: а) величины заднего угла ( $\alpha$ ); б) величины переднего угла ( $\gamma$ ).

Закономерность влияния величины заднего угла ( $\alpha$ ) на осевую составляющую силы резания ( $P_O$ ) и крутящий момент ( $M_{кр}$ ) определяли при свободном резании образца из литейных алюминиевых сплавов (см. рис. 1, а), для чего предварительно изготавливали заготовки–трубки с разными наружными (от 4 до 11,2 мм) и внутренними диаметрами (от 2 до 9,2 мм) и толщиной стенки 2 мм. Варьирование величины заднего угла ( $\alpha$ ) достигалось за счет изменения диаметра центрального отверстия в образце при постоянных значениях переднего угла ( $\gamma$ ), т.е. ( $\gamma = \text{const}$ ). Так в начале определялось влияние величины малых углов  $\alpha$ , затем по мере заглубления сверла в материал заготовки влияние величины угла определялось как разность в приросте значений силы резания и крутящего момента, при постоянном значении переднего угла ( $\gamma$ ), что достигалось специальной заточкой по передней поверхности ( $A\gamma$ ) режущего инструмента. Чем достигалось изменение величины угла  $\alpha$  при сверлении разных по диаметру образцов.

Результаты зависимости осевой составляющей силы резания ( $P_O$ ) и крутящего момента ( $M_{кр}$ ) от величины переднего ( $\gamma$ ) и заднего ( $\alpha$ ) углов приведены на рис. 2 (а и б) и 3 (а и б) соответственно.

В ходе проведенных экспериментов установлено, что изменение значений переднего угла ( $\gamma$ ) влияет на изменение осевой составляющей  $P_O$  и крутящего момента  $M_{кр}$  прямо пропорционально, т.е. при увеличении значений  $\gamma$  сила резания уменьшается. Но влияние значений переднего угла ( $\gamma$ ) на осевую составляющую силы резания ( $P_O$ ) и крутящий момент ( $M_{кр}$ ) для различных значений угла  $\gamma$  неоднозначно.

На рисунке 2 (а и б) при больших значениях переднего угла ( $\gamma$ ) в интервале от 25 до 45° осевая составляющая силы резания ( $P_O$ ) и крутящий момент ( $M_{кр}$ ) снижается на 10...20%, тогда как, при малых значениях угла  $\gamma$  в интервале от 5 до 25° снижение  $P_O$  и  $M_{кр}$  более значительно, то есть в пределах 15...30%. Вызвано это тем, что с увеличением значений переднего угла ( $\gamma$ ) улучшаются условия резания, и облегчается сход стружки с передней поверхности ( $A\gamma$ ) инструмента, следовательно, уменьшается и сила резания. Кроме этого, при достижении значений  $\gamma = 45^\circ$  происходит совпадение с оптимальным углом скола фрагментов стружки и уменьшением работы по пластическому деформированию стружки. Дальнейшее увеличение значений  $\gamma$  не ведет к снижению силы резания, а только ослабляет режущий клин.

Оптимизировать значение переднего угла ( $\gamma$ ) для стандартного спирального сверла с элементами дробления стружки не представляется возможным из-за конструкции режущего инструмента, так как отмечалось выше величина этого угла имеет переменное значение вдоль главной режущей кромки, т.е. постоянно увеличивается по направлению от оси сверла к его вершине. Поэтому необходимо для снижения значений осевой составляющей силы резания ( $P_O$ ) и крутящего момента ( $M_{кр}$ ) применять полировку передней поверхности ( $A\gamma$ ) стружкоудалительных канавок и нанесение на рабочую часть сверла тонких износостойких покрытий, что приводит к уменьшению адгезионного и механического взаимодействия инструментального и обрабатываемого материала, следовательно, снизит силу трения стружки.

В ходе проведенных экспериментов установлено, что влияние величины заднего угла ( $\alpha$ ) влияет на изменение осевой составляющей силы резания ( $P_O$ ) и крутящего момента ( $M_{кр}$ ) прямо пропорционально, т.е. при увеличении значений заднего угла ( $\alpha$ ) сила резания уменьшается. Но влияние значений заднего угла ( $\alpha$ ) на осевую составляющую силы резания ( $P_O$ ) и крутящий момент ( $M_{кр}$ ) для различных значений заднего угла ( $\alpha$ ) неоднозначно.

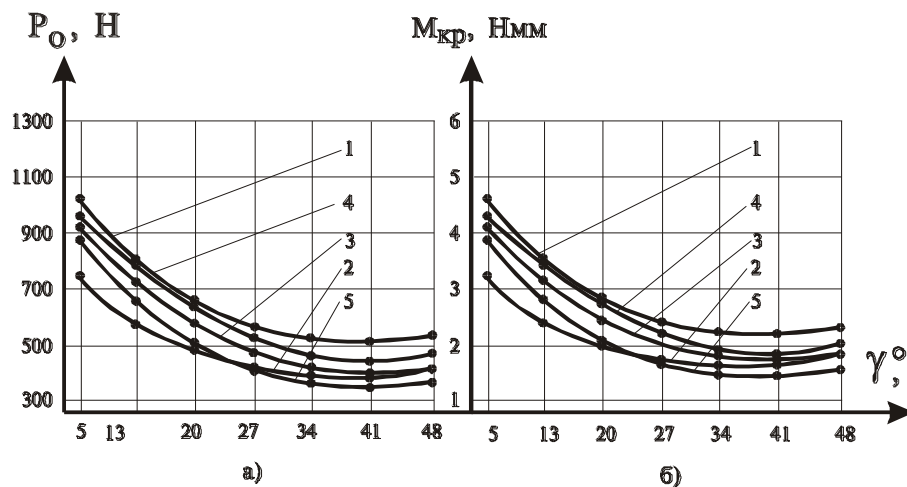


Рисунок 2 – Влияние величины переднего угла ( $\gamma$ ) на осевую составляющую силы резания (а) и крутящего момента (б). 1) AK7; 2) AK7п; 3) AK7пч; 4) AK5M2; 5) AK7Ц9.

Из рисунка 3 видно, что с увеличением величины заднего угла ( $\alpha$ ) сила резания уменьшается, но влияние угла на осевую составляющую силы резания ( $P_0$ ) и крутящий момент ( $M_{кр}$ ) при разных его величинах не одинаково. Так, при больших величинах заднего угла ( $\alpha$ ) в интервале от 18 до 25° сила резания уменьшается в 1,3...2 раза, тогда как при малых значениях его значения в интервале от 10 до 18° осевая составляющая силы резания ( $P_0$ ) и крутящий момент ( $M_{кр}$ ) снижаются только на 20...30%. Вызвано это тем, что с уменьшением величины заднего угла ( $\alpha$ ) увеличивается длина контактных площадок на задней поверхности ( $A\alpha$ ) режущего инструмента, следовательно, значительно возрастает сила трения в районе главной режущей кромки по задней поверхности ( $A\alpha$ ). В результате увеличения силы трения по задней поверхности ( $A\alpha$ ) режущего инструмента на контактных площадках, растет температура в зоне резания и в сходящей стружке [2], как следствие этого роста наростов не только на передней поверхности ( $A\gamma$ ), но и на задней поверхности ( $A\alpha$ ), что в свою очередь тоже влияет на силу резания.

На моделирующей установке были установлены основные закономерности изменения осевой составляющей  $P_0$  и крутящего момента  $M_{кр}$  в зависимости от величины переднего и заднего угла стандартных сверл. На основе анализа исследуемых закономерностей были установлены оптимальные значения переднего ( $\gamma$ ) и заднего ( $\alpha$ ) углов спирального сверла, поэтому приходим к выводу, что передний и задний углы стандартного сверла с элементами дробления стружки оказывают прямое влияние на закономерности изменения осевой составляющей

силы и крутящий момент, так как от ГПРЧ зависит стойкость инструмента, условия удаления стружки из зоны резания и зоны обработки, способность стандартных сверл обрабатывать глубокие отверстия до 10...15d за один проход. Влияние углов  $\gamma$ ,  $\alpha$  стандартных сверл на осевую составляющую  $P_0$  и крутящего момента  $M_{кр}$  наиболее многогранно, т.к. в конструкции стандартного сверла эти углы имеют переменное значение. Следовательно, увеличение значений переднего  $\gamma$  и заднего  $\alpha$  угла снижает  $P_0$  и  $M_{кр}$  прямо пропорционально, однако большое увеличение значений этих углов ослабляет режущий клин. Поэтому необходимо применить радиусную ГРК и элементы дробления стружки на задней поверхности, что позволит увеличить значение углов  $\gamma$  и  $\alpha$  не ослабляя режущий клин и следовательно, снизит значение  $P_0$  и  $M_{кр}$  в 2...3 раза.

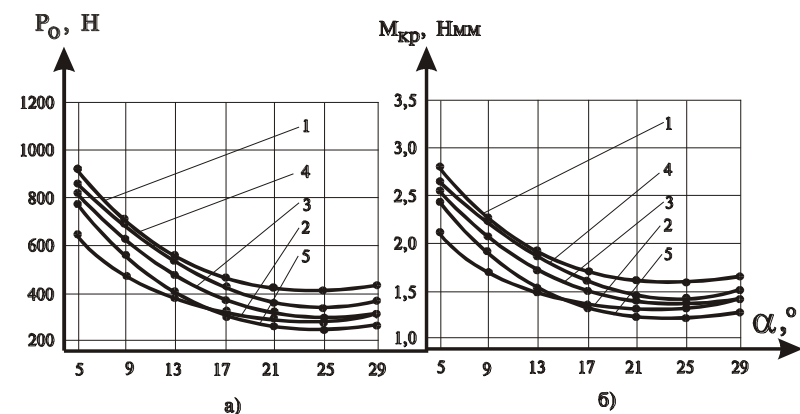


Рисунок 3 – Влияние величины заднего угла ( $\alpha$ ) на осевую составляющую силы резания (а) и крутящий момент (б). 1) AK7; 2) AK7п; 3) AK7пч; 4) AK5M2; 5) AK7Ц9.

**Список литературы:** 1. Дрожжин В.И., Маршуба В.П. Повышение эффективности глубокого безвыводного сверления отверстий в алюминиях на агрегатных станках и автоматических линиях спиральными сверлами малого диаметра за счет усовершенствования условий отвода стружки. / Резание и инструмент в технологических системах: Международный научно-технический сборник. – Х.: 1998. Вып. 52. С. 81-87. 2. Маршуба В.П. Вторичное перераспределение потоков и стоков теплоты в зоне обработки при глубоком безвыводном сверлении алюминия. / Резание и инструмент в технологических системах: Международный научно-технический сборник. – Х.: 2001. Вып. 59. С. 163-166. 3. Маршуба В.П. Адгезионное взаимодействие быстрорежущей стали с литейными алюминиевыми сплавами. / Высокие технологии в машиностроении: тенденции развития, менеджмент, маркетинг. Работы VII Международного научно-технического семинара 24-28 марта. – Х.: 1997, С. 185-187.